中華農業研究 (Jour. Agric. Res. China) 48(3): 32～46 (1999)

# 不同種植期對水芋乾物質與氮素累積性狀之影響[1]

陳烈夫[2] 呂椿棠[3] 魏夢麗[3] 呂秀英[3]

**摘要**：爲瞭解水田檳榔心芋的田間產量表現，本試驗於1995及1996年分別於1、5及9月種植水芋，調查植株各部位在生育全期的乾物質與氮素累積量及累積速率的變化差異，以探討不同種植期對乾物質與氮素累積性狀之影響，並推知水芋葉片葉柄累積光合產物之最主要時期。由於不同種植期間環境氣候的變化不同，明顯造成水芋植株乾物質生產及氮素同化分配的不同。移植後第3～5個月間爲水芋植株地上部器官累積乾物質與氮素的重要時期，由於1月種植期在此期間的溫度及日射量較高，故地上部葉片及葉柄的乾物質與氮素累積速率最快，能累積最高的乾物質與氮素量，以因應之後球莖膨大充實所需，致使成熟期可獲致最高的球莖產量。9月種植期則因爲地上部生長旺盛期間逢低溫及低日射量，乾物質與氮素累積速率甚爲緩慢，氮素供源嚴重不足，而且在進入球莖快速膨大期以後地上部乾物重及氮素含量仍持續上升，表示在球莖快速膨大期葉片及葉柄仍然也還是氮素積儲器官，故導致成熟期之產量降低。5月種植期乾物質與氮素累積的生長特性，與1月種植期的表現頗爲相似，惟地上部生長旺盛期之累積速率較低，故成熟期之球莖產量較1月種植期爲低。但是，種植期不會影響水芋地上部生長旺盛期地上部氮素與乾物質的相對累積效率。水芋地上部營養器官分配至葉片及葉柄的乾物質分配比例與氮素累積分配比例，亦不因種植期及生長階段而異，水芋植株地上部營養器官的乾物質量約有三分之一分配於葉片，三分之二分配於葉柄，而氮素累積分配比例大致上都是以約十分之六分配於葉片，而十分之四分配於葉柄，此顯示氮素含量有優先集中於葉片的趨勢，與乾物質的表現不相同。

**關鍵詞**：芋、種植期、乾物質累積、氮素累積、地上部生長旺盛期。

## 前　言

芋屬天南星科(Araceae)多年生宿根性球莖植物，學名 *Colocasia esculenta* (L.) Schott，自古爲熱帶地區居民之主要糧食，並爲本省古老民食及傳統健康食品，用途廣泛，可做爲主要糧食也可爲蔬菜用，其重要性僅次於甘藷、馬鈴薯及樹薯。水芋栽培是臺灣目前種植面積最多的一種栽培方式，且長久以來一般農民幾乎均採用檳榔心芋品種爲主(約佔93%)，以採收母芋球莖爲主要生產目的(6)。有關芋品種改良與栽培的研究在過去並不受重視，目前各改良場所已開始積極進行。由於本省氣候溫暖，雖

1.行政院農業委員會農業試驗所　研究報告第1990號。

2.本所農場管理室助理。 臺灣省　臺中縣　霧峰鄉。

3.本所農藝系助理研究員、助理研究員及研究員。 臺灣省　臺中縣　霧峰鄉。

全年均可栽種芋作物，但如種植期不同，因氣候之變化，使植株的生長、發育也不相同[4]，此爲芋之育種及栽培上不得不注意之要點。

從本研究室過去對水芋之生長分析報告發現[4]，水芋爲多年生宿根性作物，地上部及球莖自始即一直存在，但不同種植期由於生長期間氣象變化差異影響，在等長的採收期間內，不同種植期所表現的生長趨勢卻不盡相同，同時地上部與球莖之生長曲線變化在不同種植期之間也不一致。因此，甚難在同一種生長模式下以比較水芋在不同種植期間的生長差異變化。而芋作物全生育期均處於營養生長狀態，並無明顯的外觀型態差異可供區分生育時間，但從過去研究結果[3]，水芋生長依其植株各部位乾物質生產分配的趨勢，亦可大致將其區分爲生長初期（移植後第1～2個月）、地上部生長旺盛期（移植後第2～5個月）、球莖快速膨大期（移植後第5～7個月）及成熟期（移植後第8個月或更長時間）等四個生長階段，因此在比較水芋不同種植期間之生長表現差異時，針對不同生長階段間之差異變化進行探討，當可獲致較爲明確而有意義的結果。

欲有效選育優良品種並進行栽培技術之改良，必須從生理基礎上之認知來瞭解作物之產量形成機制。植物分配乾物質的方式與效率，是影響作物產量的重要原因[11]。在生理研究上，有關光合產物在供源與積儲器官分配的研究受到相當重視，在探討光合產物分配之前，應先瞭解乾物質在植物體的累積之變化。作物種類不同，其乾物質累積變化並不相同；同一作物品種不同或栽培季節不同，乾物質累積之表現也不同；作物不同生育期間除了乾物質累積不同之外，其乾物質在各器官的分配也不同，其情形甚爲複雜[1]。而氮素爲構成植物蛋白質與葉綠素的主要成分之一，與各項生理活性均有密切關係，尤其在光合作用方面，更受氮素營養的直接影響；作物乾物質生產爲生理作用的綜合表現，因此亦受氮素供應適當與否的直接作用。解析氮素在植株生育期間在各器官的吸收、分配、蓄積和利用，將有助於瞭解其對產量的影響。

芋收穫爲球莖，球莖的生長於植株生育初期即已開始，此與一般禾穀類作物不同。一當球莖開始形成，球莖和頂端的新葉就變成積儲，且二者在整個生育期中佔有相當長的時間，而地上部可行光合作用的葉片及葉柄即變成供源。如果供源無法充分分配供給時，則球莖與稍頭部新葉之間發生相互競爭光合產物。所以在芋球莖生長中供源與積儲的關係較禾穀類複雜。本試驗目的在調查不同種植期下水芋植株各部位在不同生長階段乾物質與氮素累積量及累積速率的變化差異，以探討不同種植期對乾物質與氮素累積性狀之影響，進而推知水芋葉片葉柄累積光合產物之最主要時期，所得結果將有助於瞭解水田檳榔心芋的田間產量生理表現，並可用爲提高本省芋作物生產效率的參考資料。

## 材料與方法

本研究以臺灣地區栽培最廣的地方品種檳榔心芋爲試驗材料；田間栽培試驗在農業試驗所之田區進行，分別於1995年及1996年之1月12日、5月12日、9月12日各種植一次，爲期兩年。每一種植期重複四次，行株距70×30公分，每行25株，每重複種植8行共200株。本試驗以水田栽培方式種植，整地方法與種植水稻時相同。自種芋田選取子芋，秤重後取35±10公克之芋苗，爲防治軟腐病，先以50%免賴得可濕性粉劑1000倍液浸漬60分鐘並陰乾後再逢機種植於試驗田區。種植後田間保持淺水3-5公分，生育期間前七個月田間經常保持淹水狀態，以後則僅維持土壤濕潤狀態。

肥料爲硫酸錏、過磷酸鈣及氯化鉀，氮、磷、鉀三要素每公頃施用量各爲700、200及600公斤[6]。平均分爲七等分於移植前及移植後每隔一個月施用一次。生育期間之雜草控制，在種植後1至3天每公頃施用5%丁基拉草粒劑30公斤，並保持3至5公分淺水3天，種植後一個月再以同量施用一次，爾後則視田間雜草及子芋產生數量適時拔除，以免影響水芋正常生長。病蟲害防治則依實際情況適時防治(參閱農林廳編-植物保護手冊)，其他管理方法則依一般慣行法行之。

移植後每一個月自各重複中逢機選取3株生育正常的植株，區分爲葉片、葉柄及球莖等部位，分別置於送風乾燥箱中以80℃烘乾72～96小時後，秤量乾物重，隨後經40目篩(mesh)磨粉，以semi-micro Kjeldahl 方法測定氮素濃度，以氮素濃度及乾物重之乘積估算氮素累積量，計算植株各部位於各生育階段之乾物質與氮素累積速率。由於芋植株之生長期大致可區分爲生長初期（移植後第1～2個月）、地上部生長旺盛期（移植後第2～5個月）、球莖快速膨大期（移植後第5～7個月）及成熟期（移植後第8個月或更長時間）等四個生長階段[3]。因此本試驗每一種植期每月各取樣一次，到移植後第8個月爲止，共調查8次，以詳細調查水芋在各生長階段乾物質與氮素累積性狀的變化。

植株各部位乾物重與氮素含量及其累積速率等分析比較，均係以試驗所得各重複之原始資料經變方分析後，以LSD測驗檢測不同種植期間的差異顯著性。

## 結　果

從表1顯示，1995年試驗不同種植期下水芋植株在移植後前兩個月之生長初期，各部位乾物重皆以1月種植期最低，而雖然5月種植期在移植後第1個月時之葉柄、地上部及球莖乾物重顯著低於9月種植期，但到移植後第2個月時，5月與9月種植期之間已無顯著差異；移植後第3個月時，5月種植期的各部位乾物重則較其他兩個種植期爲高，而以1月種植期的乾物重最低；到移植後第4個月時，1月種植期植株葉片及葉柄乾物重增加迅速，與9月種植期已無顯著差異，且葉片乾物重也與5月種植期相近，但球莖乾物重仍甚低於其他兩個種植期；至移植後第5個月時，葉片、葉柄及地上部乾物重以1月種植期最高，5月種植期其次，而9月種植期最低，至於球莖乾物重則以5月種植期最高，1月及9月種植期則相近；在移植後第6個月之球莖快速膨大期初期，1月種植期的葉片乾物重雖略有下降，但葉柄仍持續成長，至移植後第7個月之球莖快速膨大期後期，葉片、葉柄及地上部乾物重才開始下降，而球莖乾物重在此時期內一直以每月約1.5倍的速率快速增加，在移植後第6個月前雖然球莖乾物重仍不如5月種植期，但到移植後第7個月以後球莖乾物重已居所有種植期之冠；5月種植期的葉片、葉柄及地上部乾物重則在移植後第6個月時，即以一定的速率在減少，至成熟期（移植後第8個月）地上部乾物重約僅19公克，爲所有種植期中最低；9月種植期從地上部生長旺盛期以後全株乾物重都未減少反而呈緩慢速率增加，至成熟期時其葉片及葉柄乾物重與1月種植期已無顯著差異，其地上部乾物重約60公克左右，爲5月種植期之3倍以上。

1996年試驗不同種植期下水芋植株在移植後前兩個月之生長初期，1月種植期的葉片、葉柄及地上部乾物重皆爲所有種植期中最低，隨著植株生長，至移植後第3個月時，其葉片、葉柄及地上部乾物重與其他種植期已無顯著差異，由於地上部生長旺盛期之增加迅速，至移植後第5個月時，1月種植期的葉片、葉柄及地上部乾物重顯著較其他兩種植期爲高，此種生長趨勢與1995年試驗結果相當一致；在球莖乾物重方面，雖然1月種植期在生長初期之表現，並非所有種植期中最低者，但自移植後第3個月起之生長趨勢仍與1995年試驗結果一致，即呈緩慢增加，並於移植後第5個月時與9月種植期之表現相近，但仍甚低於5月種植期；除了5月種植期在移植後第2個月時之地上部乾物重顯著高於9月種植期之外，在移植後第1個月及移植後第3～5個月之地上部生長旺盛期，5月與9月兩種植期之間未有顯著差異；1月種植期地上部乾物重自球莖快速膨大期後期開始下降，5月種植期則進入球莖快速膨大期之後即下降，1月種植期直到成熟期地上部乾物重仍繼續增加；成熟期所累積的地上部乾物質以5月種植期爲最低，但與1月種植期無顯著差異，且均顯著低於9月種植期（表1）。1996年試驗期間，中部地區由於7月下旬強烈颱風賀伯(HERB)來襲造成嚴重災害，葉片嚴重受損，故5月種植期於移植後第3個月葉片乾物重不升而反降，隨後雖然也回復增加之趨勢，但使得其在地上部生長旺盛期的地上部

乾物重已低於1月種植期，但兩者間差異並未達顯著水準，同時爲儘速回復受損葉片之機能，植株必須消耗球莖以使同化物質能運轉到地上部，因此使得5月種植期在移植後第3個月時之球莖乾物質增加量不如1995年試驗，同時在地上部生長旺盛期間（移植後第3～5個月）其球莖乾物重均低於1995年試驗，此造成1月與5月種植期於1996年試驗之成熟期球莖產量，均低於1995年試驗所得者。1996年1 月種植期在移植後第5個月時也多少受到5月下旬中度颱風凱姆(CAM)的影響，使得植株地上部乾物重較1995年試驗結果爲低，但此對於球莖乾物重之影響並未太大。

**表1.** 不同種植期下水芋植株各部位於不同生長階段之乾物重(g/plant)變化

**Table 1.** Changes in the dry weight (g/plant) for the different plant fractions of wetland taro at different growth stages under different planting seasons

| Plant fraction | Planting month | Primary growth stage | | Vigorous top-growth stage | | | Corm rapid-bulking stage | | Corm maturity stage |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 1 MAP[Z] | 2 MAP | 3 MAP | 4 MAP | 5 MAP | 6 MAP | 7 MAP | 8 MAP |
| 1995 | | | | | | | | | |
| Leaf | Jan. | 0.21b[Y] | 0.55b | 3.18c | 14.69ab | 30.70a | 29.25a | 20.80a | 17.34a |
| | May | 1.25a | 7.58a | 14.85a | 17.39a | 25.28b | 15.40b | 7.61c | 6.29b |
| | Sept. | 1.53a | 8.06a | 9.98b | 11.86b | 13.07c | 13.38b | 15.96b | 19.23a |
| Petiole | Jan. | 0.37b | 1.24b | 4.13c | 24.63b | 65.71a | 79.78a | 61.52a | 42.04a |
| | May | 1.12b | 10.04a | 28.49a | 33.14a | 47.95b | 32.12b | 15.05c | 12.47b |
| | Sept. | 2.68a | 10.30a | 14.15b | 21.74b | 26.04c | 31.04b | 32.13b | 44.19a |
| Leaf+ Petiole | Jan. | 0.58c | 1.78b | 7.30c | 39.31b | 96.41a | 109.02a | 82.32a | 59.38a |
| | May | 2.38b | 17.62a | 43.33a | 50.53a | 73.23b | 47.52b | 22.67c | 18.77b |
| | Sept. | 4.21a | 18.36a | 24.12b | 33.61b | 39.11c | 44.41b | 48.09b | 63.42a |
| Corm | Jan. | 2.37b | 2.86b | 3.28c | 16.66c | 50.35b | 85.79b | 138.84a | 229.27a |
| | May | 1.81b | 8.07a | 27.67a | 65.95a | 122.72a | 157.12a | 152.25a | 184.66b |
| | Sept. | 4.80a | 7.79a | 18.32b | 40.28b | 55.63b | 81.64b | 96.51b | 112.89c |
| 1996 | | | | | | | | | |
| Leaf | Jan. | 0.72b | 3.38c | 7.92a | 13.07b | 22.74a | 19.80a | 6.88b | 9.55b |
| | May | 1.34a | 7.48a | 7.04a | 15.14ab | 12.38b | 10.43b | 9.83b | 11.17b |
| | Sept. | 1.17a | 5.67b | 9.09a | 16.96a | 15.64b | 18.83a | 20.87a | 22.13a |
| Petiole | Jan. | 1.03b | 3.88c | 10.91a | 25.39a | 48.67a | 56.88a | 22.94b | 16.68b |
| | May | 2.02a | 9.99a | 12.08a | 26.44a | 21.23b | 20.06c | 17.48b | 19.99b |
| | Sept. | 1.68a | 6.92b | 12.60a | 26.87a | 29.53b | 38.90b | 45.27a | 43.62a |
| Leaf+ Petiole | Jan. | 1.75b | 7.26c | 18.82a | 38.46a | 71.41a | 76.68a | 29.82b | 26.23b |
| | May | 3.36a | 17.47a | 19.13a | 41.58a | 33.61b | 30.48c | 27.31b | 31.16b |
| | Sept. | 2.85a | 12.59b | 21.69a | 43.83a | 45.17b | 57.73b | 66.15a | 65.75a |
| Corm | Jan. | 7.44a | 7.66b | 12.71b | 26.88c | 46.87b | 104.02a | 145.55a | 168.70a |
| | May | 2.17b | 10.53a | 19.53a | 51.21a | 77.90a | 92.12a | 97.67b | 132.27b |
| | Sept. | 5.02a | 5.56c | 16.95ab | 41.72b | 66.83ab | 95.07a | 123.72ab | 148.35ab |

[Z] MAP: Month after planting.

[Y] Means with the same letter within a column of a specific plant fraction in the same year are not significantly different at 5% level by LSD test.

綜合表1之兩年試驗結果，水芋植株於地上部生長旺盛期後期（移植後第5個月）的地上部（含葉片及葉柄）乾物量，在一年當中均隨著種植月份增加而降低，且各種植期地下部球莖乾物重從球莖快速膨大期到成熟期均持續上升。1995年試驗至成熟期時以1月種植期的球莖乾物重（產量）最高，5月種植期其次，而9月種植期最低；1996年試驗成熟期的球莖乾物重亦以1月種植期爲最高，5月種植期最低，9月種植期介於兩者之間，但9月種植期表現各與1月及5月種植期間無顯著差異。

兩年度不同種植期水芋植株各部位的氮素累積量變化，列如表2。在移植後的生長初期，水芋植株各部位累積之氮素量甚微，1995年不同種植期間的差異，與乾物質累積量之趨勢一致，以1月種植期最低（除移植後第1個月之球莖以外）；進入地上部生長旺盛期，最初（移植後第3個月）的各部位氮素累積量仍以1月種植期最低，5月種植期最高，9月種植期則介於兩者之間，此與乾物質累積量在不同種植期間之差異表現相似；之後隨著植株生長，至移植後第4個月起，1月種植期地上部由於氮素累積量增加迅速，與5月種植期已無顯著差異，且皆較9月種植期爲高，但1月種植期之球莖氮素累積量仍低於其他種植期。1996年試驗不同種植期間地上部氮素累積量的差異，在生長初期的表現亦與乾物質累積量之趨勢一致，以1月種植期最低；移植後第3、4個月時，1月與5月種植期間地上部氮素累積無顯著差異，但皆低於9月種植期；但至移植後第5個月時，1月種植期地上部的氮素累積量最高，且其葉柄及地上部氮素量與9月種植期之間無顯著差異，5月種植期則地上部氮素總含量最低，顯然1996年5月下旬及7月下旬發生的颱風災害，對水芋植株地上部氮素累積仍有不利之影響，尤以5月種植期遭受強烈颱風之影響最鉅；1月種植期在移植後第3～5個月間之球莖氮素累積量均較其他兩個種植期爲低，5月與9月種植期則無顯著差異，顯然颱風爲害對球莖氮素累積之影響並不明顯。

綜合表2之兩年試驗結果，不同種植期水芋植株從地上部生長旺盛期、球莖快速膨大期到成熟期的氮素累積量變化趨勢，與乾物質表現相類似。水芋於地上部生長旺盛期，以1月種植期的地上部總含氮量顯著高於其他種植期，但隨著植株成長，含氮量持續降低，至成熟期地上部總含氮量顯著低於9月種植期；5月種植期在地上部生長旺盛期的地上部總含氮量，僅次於1月種植期，之後則緩慢下降，到成熟期時地上部總含氮量與1月種植期已無顯著差異；9月種植期於地上部生長旺盛期的葉片含氮量爲所有種植期中最低，葉柄及地上部含氮量則與1月種植期相近，但於球莖快速膨大期及成熟期都仍持續上升，到成熟期顯著高於其他種植期。

水芋植株在移植後前兩個月之生長初期的生育緩慢，但自移植後第3個月以後則極爲迅速。表3所列爲移植後第3～5個月間植株各部位所增加之乾物重及氮素含量與移植後第5個月之含量的相對比值，由表中得知，在生長初期至地上部生長旺盛期間（移植後第3～5個月間）水芋植株各部位所增加的乾物重與地上部生長旺盛期（移植後第5個月時）乾物重的比值，均以1月種植期爲最高，1995年試驗葉片、葉柄、地上部及球莖均在90%以上，1996年試驗的數值則較低，但也在65%以上；其次爲5月種植期，兩年的試驗結果相近，地上部約在40%左右，球莖在73%以上；而9月種植期最低，其除了1995年試驗之葉片乾物重比值(20%)與球莖乾物重比值(64%)較5月種植期顯著爲低之外，葉柄及地上部之乾物重比值均與5月種植期所得者無顯著差異。在地上部生長旺盛期間，水芋植株亦可吸收大量氮素，以1月種植期所吸收的氮素最多，其在1995年試驗的比值較高，無論地上葉部或球莖均高達85%以上，1996年則在65～80%之間；1995年試驗水芋在地上部生長旺盛期間，5月種植期所能吸收的葉片氮素比值（46%）較9月種植期（18%）顯著爲高，但於1996年試驗同一生育階段期間5月種植期所累積的葉片氮素含量比值（29%），則反而較9月種植期（44%）爲低（雖未達顯著水準），按此是該期間受到強烈颱風影響所致，此異常氣候因素也同時影響了5月種植期之葉柄所累積的氮素含量比值（21%），其數值較9月種植期（52%）爲低，但未達顯著水準；5月及9月種植期在地上部生長旺盛期間，所累積之球莖氮素含量比值均低於1月種植期，但其差異並未達顯著水準（表3）。

水芋植株在移植後第2、3個月起的生長轉爲快速，可由表4予以更詳細說明。表4顯示，兩年試驗水芋作物生長速率皆隨植株生育期延伸而明顯提高，且受到不同種植期極顯著的影響。1月種植期自移植後第3個月以後植株生長才開始增加迅速，在移植後第3～5個月期間地上部乾物質之累積速率並顯著高於其他種植期，在移植後第4～5個月間地上部於1995年試驗更以高達每天每公頃約88公斤之速

表 2. 不同種植期下水芋植株各部位於不同生長階段之氮素累積量(mg/plant)

**Table 2.** Changes in the amount (g/plant) of N accumulated for the different plant fractions of wetland taro at different growth stages under different planting seasons

| Plant fraction | Planting month | Primary growth stage | | Vigorous top-growth stage | | | Corm rapid-bulking stage | | Corm maturity stage |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 1 MAP[z] | 2 MAP | 3 MAP | 4 MAP | 5 MAP | 6 MAP | 7 MAP | 8 MAP |
| | | | | | 1995 | | | | |
| Leaf | Jan. | 9.5b[Y] | 30.8b | 154.3c | 662.8ab | 1175.6a | 1191.7a | 886.7a | 652.5b |
| | May | 60.2a | 340.3a | 574.7a | 693.5a | 1062.9a | 644.7b | 304.0c | 255.2c |
| | Sept. | 61.3a | 353.9a | 400.9b | 480.1b | 516.7b | 547.8b | 662.5b | 812.7a |
| Petiole | Jan. | 10.6b | 36.9b | 99.2c | 490.0a | 806.8a | 1127.2a | 831.7a | 404.4b |
| | May | 24.7ab | 175.3a | 412.1a | 381.5ab | 642.2a | 389.6b | 198.0c | 167.2c |
| | Sept. | 38.8a | 178.1a | 163.5b | 286.6b | 375.7b | 494.7b | 581.9b | 756.0a |
| Leaf+ Petiole | Jan. | 20.1b | 67.8b | 253.5c | 1152.8a | 1982.4a | 2348.9a | 1718.4a | 1056.9b |
| | May | 84.9a | 515.5a | 986.8a | 1075.1ab | 1705.1a | 1034.3b | 502.0c | 422.4c |
| | Sept. | 100.1a | 531.9a | 564.3b | 766.7b | 892.4b | 1042.5b | 1244.5b | 1568.7a |
| Corm | Jan. | 51.2a | 89.1a | 80.0b | 308.6b | 545.9b | 1139.0ab | 1502.7a | 2131.2 |
| | May | 31.5a | 92.5a | 322.0a | 647.5a | 1357.6a | 1612.5a | 1626.4a | 2080.4a |
| | Sept. | 37.0a | 94.6a | 156.0b | 467.1b | 697.1b | 1058.4b | 1431.3a | 1704.1a |
| | | | | | 1996 | | | | |
| Leaf | Jan. | 28.8b | 135.2c | 341.2a | 558.1b | 998.8a | 873.0a | 265.9c | 405.0b |
| | May | 59.4a | 383.5a | 340.7a | 679.2b | 501.0c | 459.5b | 468.4b | 365.6b |
| | Sept. | 53.8a | 318.8b | 422.5a | 832.0a | 760.6b | 783.2a | 860.3a | 843.5a |
| Petiole | Jan. | 16.7b | 57.7b | 174.7b | 532.2b | 844.4a | 1270.1a | 399.9b | 363.8a |
| | May | 33.7a | 237.2a | 294.9a | 598.7ab | 426.2b | 415.4c | 407.5b | 401.1a |
| | Sept. | 42.4a | 245.5a | 360.2a | 706.3a | 758.9a | 847.6b | 690.1a | 510.3a |
| Leaf+ Petiole | Jan. | 45.5b | 192.8b | 515.9b | 1843.1a | 2143.0a | 665.8b | 768.8b | |
| | May | 93.0a | 620.7a | 635.6ab | 927.2b | 874.9c | 876.0b | 766.7b | |
| | Sept. | 96.1a | 564.4a | 782.6a | 1538.3a | 1519.5a | 1630.8b | 1550.4a | 1353.8a |
| Corm | Jan. | 41.9b | 88.7b | 193.8b | 500.3b | 963.7b | 1949.5a | 2758.3a | 3014.9a |
| | May | 18.2b | 194.5a | 519.8a | 1313.6a | 1703.4a | 2110.4a | 2109.7b | 2230.3ab |
| | Sept. | 72.9a | 113.1b | 393.0a | 1247.3a | 1416.5ab | 1680.8a | 1455.3c | 1345.7b |

[z] MAP: Month after planting.

[Y] Means with the same letter within a column of a specific plant fraction in the same year are not significantly different at 5% level by LSD test.

表 3. 不同種植期下水芋移植後第3~5個月間植株各部位所增加之乾物重及氮素量與移植後第5個月之含量的相對比值(%)

**Table 3.** The relative ratio (%) of the dry weight and N content increased between the 3-5 MAP[z] to the amount at 5 MAP for the different plant fractions of wetland taeo under different planting seasons

| Item | Planting month | Plant fraction | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | Leaf | Petiole | Leaf+Petiole | Corm |
| | | | 1995 | | |
| Dry matter | Jan. | 89.7 a[Y] | 93.7 a | 92.5 a | 93.5 a |
| | May | 41.3 b | 40.8 b | 41.0 b | 77.2 b |
| | Sept. | 19.9 c | 40.7 b | 33.7 b | 64.3 c |
| Nitrogen | Jan. | 87.0 a | 87.7 a | 87.3 a | 85.3 a |
| | May | 45.7 b | 34.6 b | 42.0 b | 73.5 a |
| | Sept. | 17.9 c | 50.4 b | 31.6 b | 75.0 a |
| | | | 1996 | | |
| Dry matter | Jan. | 65.0 a | 76.9 a | 73.1 a | 71.8 a |
| | May | 40.5 b | 38.1 b | 39.3 b | 73.6 a |
| | Sept. | 40.2 b | 56.1 ab | 50.6 ab | 74.2 a |
| Nitrogen | Jan. | 65.6 a | 78.7 a | 71.6 a | 79.5 a |
| | May | 28.7 b | 21.1 b | 26.1 b | 67.0 a |
| | Sept. | 43.6 ab | 51.8 ab | 47.8 ab | 72.3 a |

[Z] Map: Month after planting.

[Y] Means with the same letter within a column of a specific plant fraction in the same year are not significantly different at 5% level by LSD test.

率增加，其中25公斤分配至葉片，63公斤分配至葉柄，1996年試驗地上部每天每公頃51公斤之累積速率中，則是以15公斤分配至葉片，36公斤分配至葉柄，而球莖乾物重在移植後第3個月之前每天每公頃增加量均不到12公斤，到移植後第4個月球莖乾物質之累積速率才提高爲爲每天每公頃21公斤以上；5月種植期自移植後第1個月以後全株乾物重即增加迅速，在移植後第3～5個月間地上部葉片及葉柄之乾物質累積速率僅次於1月種植期，地上部乾物質累積速率約在每天每公頃40公斤以下（1996年試驗除外，因受到強烈颱風影響，在移植後第4～5個月間地上部乾物重累積速率變爲負值），但在此同一時期球莖乾物質之累積速率卻較地上部之累積速率還要更快，在每天每公頃42公斤以上，甚至高達90公斤（1995年試驗移植後第4～5個月間），遠高於其他兩個種植期；9月種植期除在移植後第1~2個月間地上部乾物質量累積速率稍快之外，其他生長階段地上部乾物質累積大致上維持以每天每公頃9～15公斤之穩定速率增加，而球莖乾物質在生長初期雖然累積速率甚慢，但至移植後第3個月以後速率即開始變快，其速率與1月種植期相近。

1995年試驗氮素累積速率的表現（表4）與乾物質相似，5月及9月種植期地上部氮素含量均自移植後第1個月起逐漸升高，而1月種植期在生長初期增加甚緩，至移植後第3個月進入地上部生長旺盛期以後，地上部氮素含量才開始增加迅速，在移植後第4～5個月間之地上部氮素累積速率，以1月種植期最快（每天每公頃約增加1.3公斤氮素含量），其次爲5月種植期（每天每公頃約增加1.0公斤氮素含量），而9月種植期最低（每天每公頃約增加0.2公斤氮素含量）；雖然在移植後前兩個月所有種植期間的球莖氮素累積速率並無顯著差異，但進入地上部生長旺盛期後則仍以5月種植期累積氮素的速率最快（每天每公頃約增加1.1公斤）；1996年試驗結果與1995年之表現呈相似的趨勢，亦即氮素累積速率隨植株之生長而增加，在地上部生長旺盛期間1月種植期地上部氮素累積速率高於其他種植期，1月種植期並以接近移植後第5個月最高（每天每公頃約增加1.2公斤氮素含量），但5月及9月兩個種植期之地上部氮素累積速率則以接近移植後第4個月最高（分別每天每公頃約增加1.0及1.2公斤氮素含量），至移植後第4～5個月間地上部累積速率變爲負值，表示氮素累積不增反降；在地上部生長旺盛期間，球莖氮素累積速率仍以5月種植期高於其他兩個種植期。

進一步計算水芋植株各部位氮素累積速率與乾物質累積速率的相對比值（表5），發現1995年試驗不同種植期在移植後第3個月以前的各生育期間均呈顯著差異，在移植後第1個月之前葉片速率比值以5月種植期最高，葉柄速率比值以1月種植期最高，而各部位速率比值均以9月種植期最低，但在移植後第1～3個月之間各部位氮素累積速率與乾物質累積速率的相對比值則則均以1月種植期爲最高，之後在移植後第3～5個月間不同種植期並無顯著差異；1996年試驗在生長初期，水芋植株各部位之氮素累積速率與乾物質累積速率的相對比值均以9月種植期最高，5月種植期其次，而1月種植期最低（除移植後第1～2個月間球莖表現例外），進入地上部生長旺盛期，不同種植期的地上部速率比值並無顯著差異（除移植後第3～4個月之葉片例外），但球莖速率比值在種植期間的變動較不穩定。由此顯示，雖然在生長初期各種植期之間的表現並不穩定，但進入地上部生長旺盛期後，種植期並不會影響水芋地上部之氮素與乾物質的相對累積效率，即使在此期間碰到颱風而造成葉片嚴重受損，卻由於地上部乾物質及氮素之累積皆同時受到影響而減緩，故其相對累積效率並不致於產生變動；當水芋在地上部生長旺盛期間未遭遇異常氣候影響，種植期也不會影響球莖之氮素與乾物質的相對累積效率（如1995年試驗），但若葉片因災害受損嚴重，導致球莖必須大量消耗以使同化物質儘速能移轉到地上部，則球莖乾物質累積速率會因而變緩，但由於球莖氮素累積不會有明顯影響，因此球莖氮素與乾物質之相對累積效率在不同種植期間的表現就顯得相當不穩定（如1996年試驗）。

詳細分析水芋植株各部位在不同生育階段的乾物重佔全株分配比例之變化，如表6所示。1995年

表 4. 不同種植期對水芋生長初期及地上部生長旺盛期植株各部位乾物質及氮素累積速率(kg/ha/day)的影響

**Table 4.** Effect of planting seasons on the rates of dry matter and N accumulation (kg/ha/day) for the different plant fractions of wetland taro at primary growth stage and vigorous top-growth stage

| Plant fraction | Planting month | Dry matter | | | | | N | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | Primary growth stage | | Vigorous top-growth stage | | | Primary growth stage | | Vigorous top-growth stage | | |
| | | 0-1 MAP[Z] | 1-2 MAP | 2-3 MAP | 3-4 MAP | 4-5MP | 0-1 MAP | 1-2 MAP | 2-3 MAP | 3-4 MAP | 4-5MP |
| | | | | | | 1995 | | | | | |
| Leaf | Jan. | 0.3b[Y] | 0.6b | 4.0b | 18.3a | 24.6a | 0.01b | 0.04b | 0.04ab | 0.81a | 0.79a |
| | May | 1.9a | 10.0a | 11.3a | 3.9b | 12.5b | 0.09a | 0.44a | 0.44a | 0.18b | 0.59a |
| | Sept. | 2.4a | 10.0a | 3.0b | 2.9b | 1.9c | 0.10a | 0.45a | 0.45b | 0.12b | 0.06b |
| Petiole | Jan. | 0.6b | 1.5b | 4.4b | 32.5a | 63.1a | 0.02b | 0.04b | 0.10b | 0.62a | 0.49a |
| | May | 1.7b | 14.2a | 28.6a | 7.2b | 23.5b | 0.04ab | 0.24a | 0.37a | -0.05c | 0.41a |
| | Sept. | 4.2a | 11.7a | 6.1b | 11.7b | 6.6c | 0.06a | 0.21a | -0.02c | 0.19b | 0.14b |
| Leaf+ Petiole | Jan. | 0.9c | 2.1b | 8.5b | 50.8a | 87.7a | 0.03b | 0.08b | 0.29b | 1.43a | 1.27a |
| | May | 3.6b | 24.2a | 39.8a | 11.0b | 36.0b | 0.13a | 0.68a | 0.73a | 0.14b | 1.00a |
| | Sept. | 6.7a | 21.7a | 9.2b | 14.6b | 8.5c | 0.16a | 0.66a | 0.05b | 0.31b | 0.19b |
| Corm | Jan. | 3.6b | 0.8b | 0.6c | 21.2b | 51.8b | 0.08a | 0.06a | -0.01b | 0.36a | 0.36b |
| | May | 2.8b | 9.9a | 30.3a | 58.8a | 90.1a | 0.05a | 0.10a | 0.35a | 0.50a | 1.13a |
| | Sept. | 7.6a | 4.6b | 16.7b | 33.7b | 23.6b | 0.06a | 0.09a | 0.10b | 0.48a | 0.35b |
| | | | | | 1996 | | | | | | |
| Leaf | Jan. | 1.1b | 4.4c | 7.0a | 8.2a | 14.9a | 0.04b | 0.17c | 0.32a | 0.34b | 0.68a |
| | May | 2.1a | 9.7a | -0.7b | 12.4a | -4.4b | 0.09a | 0.51a | -0.07b | 0.52ab | -0.28b |
| | Sept. | 1.9a | 6.9b | 5.4a | 12.1a | -2.0b | 0.09a | 0.41b | 0.16a | 0.63a | -0.11b |
| Petiole | Jan. | 1.6b | 4.7c | 10.8a | 23.0a | 35.7a | 0.03c | 0.07b | 0.18a | 0.57a | 0.48a |
| | May | 3.1a | 12.7a | 3.3b | 22.0a | -8.3a | 0.05b | 0.32a | 0.09a | 0.47a | -0.27c |
| | Sept. | 2.7a | 8.0b | 9.0a | 21.9a | 4.1b | 0.07a | 0.31a | 0.18a | 0.53a | 0.08b |
| Leaf+ Petiole | Jan. | 2.7b | 9.0c | 17.8a | 31.2a | 50.6a | 0.07b | 0.24c | 0.50a | 0.91a | 1.16a |
| | May | 5.2a | 22.4a | 2.6b | 34.5a | -12.6b | 0.14a | 0.84a | 0.02b | 0.99a | -0.56b |
| | Sept. | 4.5a | 15.0b | 14.4a | 34.0a | 2.1b | 0.15a | 0.72b | 0.35a | 1.16a | -0.03b |
| Corm | Jan. | 11.4a | 0.4b | 7.8b | 22.5b | 30.7a | 0.06b | 0.08b | 0.16b | 0.49b | 0.71a |
| | May | 3.3b | 13.3a | 14.0ab | 48.7a | 42.4a | 0.03b | 0.28a | 0.50a | 1.22a | 0.62a |
| | Sept. | 8.0a | 0.8b | 18.1a | 38.1ab | 38.6a | 0.12a | 0.06b | 0.44a | 1.31a | 0.26a |

[Z] MAP: Month after planting.

[Y] Means with the same letter within a column of a specific plant fraction in the same year are not significantly different at 5% level by LSD test.

試驗在地上部生長旺盛期後期（移植後第5個月），1月種植期於此期間所累積的乾物質主要集中於地上部營養器官（66%），其中約三分之一分配於葉片(21%)，三分之二分配於葉柄(45%)，隨著植株成長，到球莖快速膨大期，乾物質明顯大量移轉至球莖，至成熟期集中於地上部的乾物質分配比例僅有21%，而且分配到葉片與葉柄的比例仍維持約1：2之數值；5月種植期在地上部生長旺盛期僅有38%集中於地上部，隨後逐漸減少，至成熟期集中於地上部的乾物重分配比例僅9%，而分配至葉片與葉柄之比例仍爲1：2；9月種植期自地上部生長旺盛期以後，雖然地上部乾物重分配比例亦有減少，但下降速率極爲緩慢，從地上部生長旺盛期到成熟期不過由41%減少爲36%，而地上部分配至葉片與葉柄的比例仍約1：2。1996年試驗各種植期的地上部乾物重分配比例的數值雖然均略低於1995年試驗結果，但表現則完全一致，即在地上部生長旺盛期，以1月種植期分配到地上部的乾物重最高，其次爲5月種植期，但該兩種植期在進入球莖快速膨大期之後，地上部乾物重便大幅降低，到成熟期集中於地上部的乾物質分配比例已不足20%，而將近有80%以上是分配到地下部的球莖；9月種植期於地上部生長旺盛期分配至地上部的乾物質比例，爲所有種植期中最低(40%)，但之後下降速率甚緩，顯示營養生長仍明顯的持續成長，至成熟期時分配到地上部的乾物質比例仍近31%，爲所有種植期中最高，

**表5.** 不同種植期對水芋生長初期及地上部生長旺盛植株部位氮素累積速率與乾物質累積速率之相對比值(%)的影響

**Table 5.** Effect of planting seasons on the relative ratio (%) of rates between N and dry matter accumulation for the different plant fractions of wetland taro at primary growth stage and vigorous top-growth stage

| Plant fraction | Planting month | Primary growth stage | | Vigorous top-growth state | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 0-1 MAPZ | 1-2 MAP | 2-3 MAP | 3-4 MAP | 4-5 MAP |
| | | 1995 | | | | |
| Leaf | Jan. | 4.5b[Y] | 6.7a | 4.7a | 4.4a | 3.2a |
| | May | 4.9a | 4.4b | 3.1b | 2.8a | 7.3a |
| | Sept. | 4.0c | 4.5b | 2.2b | 4.7a | 3.1a |
| Petiole | Jan. | 2.9a | 3.1a | 2.1a | 1.9a | 0.8a |
| | May | 2.2b | 1.7b | 1.3b | -1.5b | 2.0a |
| | Sept. | 1.5c | 1.9b | -0.4c | 1.6a | 0.8a |
| Leaf+ Petiole | Jan. | 3.5a | 4.0a | 3.4a | 2.8a | 1.5a |
| | May | 3.7a | 2.8b | 1.8b | -0.8a | 3.1a |
| | Sept. | 2.4b | 3.1b | 0.5c | 2.0a | 0.1a |
| Corm | Jan. | 2.1a | 13.8a | 3.6a | 1.7a | 0.7a |
| | May | 1.8a | 1.0b | 1.2a | 0.8b | 1.2a |
| | Sept. | 0.8b | 2.1b | 0.6a | 1.5ab | 0.8a |
| | | 1996 | | | | |
| Leaf | Jan. | 4.0c | 4.0c | 4.5a | 4.2b | 4.6a |
| | May | 4.4b | 5.3b | 4.5a | 4.2b | 7.0a |
| | Sept. | 4.6a | 5.9a | 2.9a | 5.2a | 4.1a |
| Petiole | Jan. | 1.6b | 1.4c | 1.7a | 2.5a | 1.4a |
| | May | 1.7b | 2.6b | 2.6a | 2.1a | 4.3a |
| | Sept. | 2.5a | 3.9a | 2.0a | 2.5a | 4.0a |
| Leaf+ Petiole | Jan. | 2.6b | 2.7c | 2.8a | 2.9b | 2.3b |
| | May | 2.8b | 3.7b | 1.7a | 2.8b | 5.3a |
| | Sept. | 3.4a | 4.8a | 2.4a | 3.4a | 3.3ab |
| Corm | Jan. | 0.6c | 7.5a | 2.1b | 2.2a | 2.4a |
| | May | 0.8b | 2.1a | 4.0a | 2.4a | 1.5b |
| | Sept. | 1.5a | 2.6a | 2.5b | 3.7a | 0.5c |

[Z]MAP: Month after planting;

[Y]Means with the same letter within a column of a specific plant fraction in the same year are not significantly different at 5% level by Lsd test.

其餘約69% 乾物質則是分配至球莖。成熟期收穫部位（球莖）所含乾物重與植株總乾物重的比值，稱爲收穫指數( harvest index)，水芋介於64%至91%之間，但隨種植月份而異，1995年試驗以5月種植期最高，1月種植期其次，9月種植期最低，1996年試驗則1月種植期最高，5月種植期其次，9月種植期最低。

至於水芋植株各部位在不同生育階段地氮素累積量佔全株分配比例之變化（表6），1995年試驗在地上部生長旺盛期，1月種植期於此期間所累積的氮素主要集中於地上部營養器官（78%），其中46%分配於葉片，32%分配於葉柄，隨著植株成長，到球莖快速膨大期，氮素明顯的從地上部移轉至地下球莖，至成熟期集中於地上部的氮素累積比例僅33%；5月種植期在地上部生長旺盛期有57%集中於地上部，隨後逐漸減少，至成熟期時集中於地上部的氮素累積比例僅17%；9月種植期在地上部生長旺盛期與5月種植期相近，氮素累積分配比例約爲56%，之後呈極緩慢減少，到成熟期仍維持48%。1996年試驗各種植期地上部氮素累積分配比例的數值雖然均略低於1995年試驗結果，但各種植期在植株各器官的表現趨勢仍與1995年試驗相當一致，在地上部生長旺盛期，以1月種植期的地上部比例最高，5月種植期其次，9月種植期最低，之後由於1月與5月種植期之球莖含氮量增加迅速，且1月種植

期之增加速率快於5月種植期，到成熟期該兩種植期分配到地上部的氮素累積比例已無顯著差異，不到30%，而9月種植期則因下降甚緩，至成熟期時仍有50%，顯著高於其他兩個種植期。由表6同時顯示，不同種植期對各生長階段地上部營養器官分配至葉片及葉柄的氮素累積分配比例，並沒有太大的影響，大致上都是以約十分之六分配於葉片，而十分之四分配於葉柄。成熟期收穫部位（球莖）所含氮量與植株總氮量的比值，稱為氮素收穫指數，水芋介於50%至83%之間，但隨種植月份而異，1995年試驗以5月種植期最高，1月種植期其次，9月種植期最低，1996年試驗則1月種植期最高，但與5月種植期無顯著差異，9月種植期最低。

**表 6.** 不同種植期下水芋植株各部位於不同生長階段之乾物重及氮素累積量佔全株分配比例(%)變化

**Table 6.** Changes in the partition ratio (%) of dry weight and N accumlation for the differeent plant fractions of wetland taro at different growth stages under different planting seasons

| Plant fraction | Planting month | Dry weight: Vigorous top-growth stage | Dry weight: Corm rapid-bulking stage | | Dry weight: Corm maturity stage | N: Vigorous top-growth stage | N: Corm rapid-bulking stage | | N: Corm maturity stage |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 5 MAP[Z] | 6 MAP | 7 MAP | 8 MAP | 5 MAP | 6 MAP | 7 MAP | 8 MAP |
| | | | | | 1995 | | | | |
| Leaf | Jan. | 20.9a[Y] | 15.1a | 9.4a | 6.0b | 46.5a | 35.1a | 27.5a | 20.6b |
| | May | 12.9b | 7.5c | 4.4b | 3.1c | 35.4b | 24.4b | 14.4b | 10.2c |
| | Sept. | 13.9b | 11.0b | 11.6a | 11.0a | 32.9b | 26.1b | 24.9a | 24.9a |
| Petiole | Jan. | 44.7a | 40.9a | 27.9a | 14.6b | 31.9a | 32.5a | 25.9a | 12.7b |
| | May | 24.5b | 15.5c | 8.6c | 6.1c | 21.0b | 14.6c | 9.3b | 6.7c |
| | Sept. | 27.2b | 24.5b | 22.6b | 25.2a | 23.2b | 23.2b | 22.1a | 23.5a |
| Leaf+ Petile | Jan. | 65.6a | 56.0a | 37.3a | 20.6b | 78.3a | 67.6a | 53.4a | 33.3b |
| | May | 37.5b | 23.0c | 13.0b | 9.2c | 56.5b | 38.9c | 23.7c | 16.9c |
| | Sept. | 41.1b | 35.5b | 34.2a | 36.3a | 56.1b | 49.3b | 47.0b | 48.4a |
| Corm | Jan. | 34.4b | 44.0c | 62.7b | 79.4b | 21.7b | 32.4c | 46.6c | 66.7b |
| | May | 62.5a | 77.0a | 87.0a | 90.8a | 43.5a | 61.1a | 76.3a | 83.1a |
| | Sept | 58.9a | 64.5b | 65.8b | 63.7c | 43.9a | 50.7b | 53.0b | 51.6c |
| | | | | | 1996 | | | | |
| Leaf | Jan. | 19.6a | 11.0b | 4.0c | 5.0c | 36.0a | 21.4a | 7.8c | 10.8b |
| | May | 11.1c | 8.5c | 7.9b | 6.9b | 19.1c | 15.4b | 15.7b | 14.4b |
| | Sept. | 14.0b | 12.3a | 11.0a | 10.3a | 25.9b | 23.7a | 29.0a | 31.3a |
| Petiole | Jan. | 41.1a | 31.7a | 13.1b | 8.6c | 30.1a | 31.2a | 11.7b | 9.7b |
| | May | 18.9c | 16.3c | 14.0b | 12.2b | 16.1c | 14.0c | 13.7b | 14.5ab |
| | Sept. | 26.4b | 25.5b | 24.0a | 20.3a | 25.9b | 25.6b | 23.1a | 18.8a |
| Leaf+ Petiole | Jan. | 60.7a | 42.7a | 17.1b | 13.5c | 66.0a | 52.6a | 19.6b | 20.4b |
| | May | 30.0c | 24.8b | 21.9b | 19.1b | 35.2c | 29.4b | 29.4b | 28.9b |
| | Sept. | 40.4b | 37.8a | 35.0a | 30.6a | 51.8b | 49.3a | 52.0a | 50.1a |
| Corm | Jan. | 39.3c | 57.3b | 82.9a | 86.5a | 34.0c | 47.4b | 80.4a | 79.6a |
| | May | 70.0a | 75.2a | 78.1a | 80.9b | 64.8a | 70.6a | 70.6a | 71.1a |
| | Sept. | 59.6b | 62.2b | 65.0b | 69.4c | 48.2b | 50.7b | 4.0b | 49.9b |

[Z] MAP: Month after planting.

[Y] Means with the same letter within a column of a specific plant fraction in the same year are not significantly different at 5% level by LSD test.

## 討　論

經由本試驗得知，種植期對水芋植株各部位於各生長階段乾物質與氮素累積之表現有很大的影響，各具有特定的生長模式。作物如能保有適當的葉面積指數，即可維持較高的生長速率，本試驗中水芋植株在移植後初期之生長甚為緩慢，但不同種植期之間仍有顯著差異，以1月種植期生長最慢，主要原因為1月種植期種植後正逢冬季，在低溫及低日射量之環境下（圖1），植株無法充分利用光能

所致，在移植後第3個月起進入地上部生長旺盛期後，由於氣溫及日射量回升，植株地上部乾物質即快速增加（表1），生長速率並均高於其他種植期（表4），且一直持續到球莖快速膨大期初期（移植後第6個月）之後才開始遽降，而其球莖乾物重則是在移植後第5個月後才開始明顯增加，之後則一直以每月約1.5倍的速率急速成長，至成熟期其球莖乾物重爲所有種植期中最高（表1）；在移植後第3～5個月之間，所有種植期中以1月種植期之全株乾物重最高，1995年試驗可高達90%以上，而1996年試驗也在66%以上（表3），其中以移植後第4～5個月間的增加速率最快（表4），於此期間所累積的乾物質主要集中於地上部營養器官，兩年試驗各約佔全株乾物重之66%及61%，進入球莖快速膨大期（移植後第6個月）以後，大量的乾物質從地上部移轉到球莖，至成熟期時分配到地上部的乾物質已不到20%（表6）。5月種植期由於種植時正好進入夏季，氣溫及日射量較高（圖1），故生長初期水芋植株的生長較1月種植期爲快，此優勢一直維持到地上部生長旺盛期中期（表1），之後地上部乾物質增加的速率變緩（表4），至移植後第5個月時，地上部乾物重已不如1月種植期，進入球莖快速膨大期（移植後第6個月）以後，地上部乾物重即大幅降低，而其球莖乾物重則是在移植後第4個月即明顯增加，至移植後第5個月時其球莖乾物重並爲所有種植期中最高，但隨後增加速率變緩，至成熟期球莖乾物重不如1月種植期（表1）；在生長初期至地上部生長旺盛期之間，5月種植期地上部之乾物重達40%左右（表3），其中以移植後第4～5個月間的生長速率最快（表4），於此期間累積於地上部營養器官的乾物質約佔全株乾物重之30～38%，進入球莖快速膨大期後，分配到球莖之比例逐漸提高，至成熟期時分配到地上部的乾物質最多僅有19%（表6）。9月種植期正處夏末秋初，中部地區氣溫及日射量仍然很高，生長初期水芋植株生長較快（表1），到地上部生長旺盛期，因爲氣候進入冬季，氣溫及日射量變低（圖1），雖然地上部乾物重仍然增加，但增加速率變緩（表4），至移植後第5個月時，其地上部乾物重爲所有種植期中最低，進入球莖快速膨大期以後，乾物質並未降低反而持續生長，而其球莖乾物重則自移植後第4個月起明顯增加，但增加速率緩慢，至成熟期球莖乾物重低於其他兩個種植期（表1）；9月種植期以移植後第1～2個月間的地上部乾物重增加速率最快（表4），但在生長初期至地上部生長旺盛期之間，9月種植期之地上部乾物重增加比例最多也不過51%而已（表3），於此期間累積於地上部營養器官之乾物質約佔全株乾物重之40%左右，進入球莖快速膨大期後，雖然地上部乾物質開始移轉到球莖，但比例相當有限，至成熟期時分配到地上部的乾物質仍至少在31%以上（表6）。

水芋各種植期在生育期間的氮素累積與乾物質累積有類似的表現，在移植後生長初期氮素含量甚微，至移植後第2個月（5、9月種植期）以及進入地上部生長旺盛期（1月種植期）以後，累積速率才明顯增高（表2），並以1月種植期地上部氮素累積速率最快，而9月種植期最慢（表4）；隨著植株成長進入球莖快速膨大期，1月及5月種植期地上部的含氮量大幅降低，但9月種植期的地上部總含氮量仍然持續上升（表6）；在生長初期至地上部生長旺盛期之間，爲1月及5月種植期氮素累積最快之時期，並在接近於移植後第5個月時達到高峰（表2），這段期間其地上部及球莖氮素累積量佔地上部生長旺盛期含氮量之比値並以1月種植期最高（表3），而9月種植期則在移植後第2個月時之地上部氮素累積速率最高，之後植株各部位之含氮量均以緩慢固定的速率增加（表4），至成熟期時其地上部總含氮量佔全株分配比例高於1月及5月種植期，但球莖含氮量佔全株之分配比例則爲所有種植期中最低（表6）。

綜合本試驗各項結果，由於不同種植期間環境氣象條件的變化不同，尤其是氣溫及日射量之影響，故明顯造成水芋植株氮素同化及分配的不同。移植後第3~5個月爲水芋植株地上部器官累積乾物質與氮素的重要時期，在此期間以1月種植期地上部葉片及葉柄的乾物質與氮素累積速率最快，故能累積最高的乾物質與氮素量，以因應之後球莖膨大充實所需，此係1月種植期在成熟期可獲得最高球

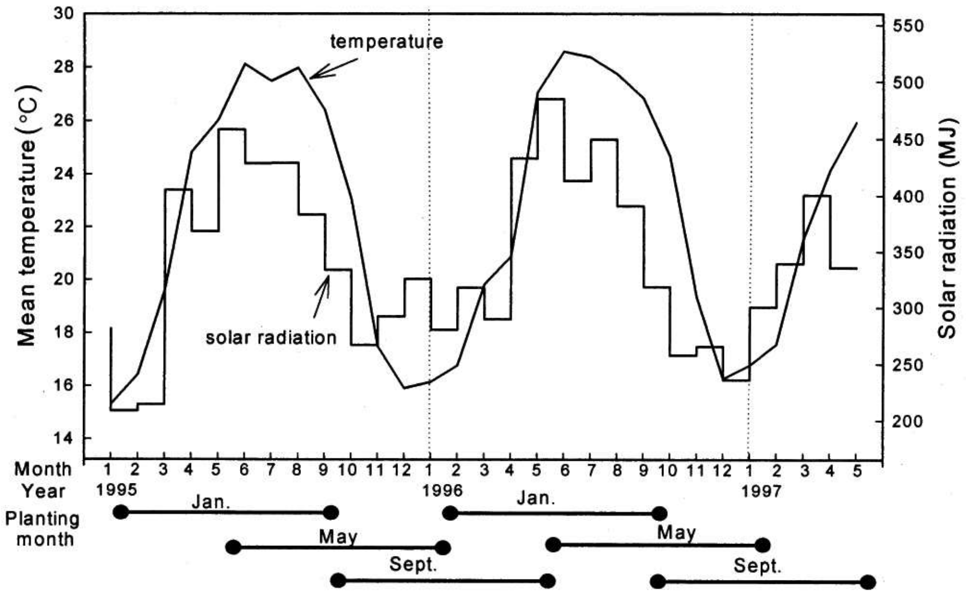


圖1. 1995年1月至1997年5月試驗期間在農業試驗所的每月平均日溫及累積日射量之變化。

**Fig. 1.** Daily mean temperature and monthly solar radiation at Taiwan Agricultural Research Institute, from January 1995 to May 1997.

莖產量之主要原因。至於9月種植期，則一方面因爲地上部生長旺盛期乾物質與氮素累積速率甚爲緩慢，氮素供源嚴重不足，，另一方面也由於進入球莖快速膨大期以後地上部乾物重及氮素含量仍持續上升，表示在球莖快速膨大期葉片及葉柄仍然也還是氮素積儲器官，故導致成熟期之產量降低。5月種植期乾物質與氮素累積的生長特性，與1月種植期的表現頗爲相似，惟在地上部生長旺盛期地上部的累積速率較低，導致成熟期之球莖產量較1月種植期爲低。由於水芋乾物質與氮素累積在不同種植期間之生長特性差異，一般而言，5月種植期較9月種植期應該可以獲致較高的球莖產量，但5月種植期在地上部生長旺盛期間容易遭受颱風之異常氣候影響而可能減產。故經由調整種植時間，對穩定水芋球莖產量將有助益。

分析土壤及植株組織的含氮量，可作爲決定芋氮素需要量的指標。但是哪一種分析方法比較有效，端視栽培方式而定。旱芋栽培則可以利用分析土壤含氮量，再配合氮肥試驗以估算出氮素需要量。但是水芋栽培下氮素會經由滲漏及脫氮作用而流失，因此利用土壤氮素含量來測定氮素利用性並不可靠，必須利用組織分析[16]。芋地上部沒有眞正的莖，是由葉鞘包被著的圓筒狀假莖，這種葉鞘實際上是葉柄，與每一葉片中心下端相連，故通常都會同時以葉片及葉柄的氮含量，來表示出芋作物的氮素狀態[10,17]。檳榔心芋的葉柄呈綠色，也可行光合作用，和葉片一樣是水芋植株在地上部生長旺盛期間的主要器官。根據本試驗結果，不同種植期對水芋各生長階段地上部營養器官分配至葉片及葉柄的乾物質分配比例與氮素累積分配比例，都沒有明顯的影響；水芋植株地上部營養器官所累積的乾物質約有三分之一分配於葉片，三分之二分配於葉柄，而氮素累積分配比例大致上都是以約十分之六分配於葉片，而十分之四分配於葉柄（表6）。由此也可見，氮素含量有優先集中於葉片的趨勢，與乾物質的表現不相同。其他根莖類作物之甘藷植株在不同期作間亦以葉片含氮率最高，葉柄其次(2)。

芋之氮素含量往往會隨著植株生長而改變，除此，也會因氮肥施用量而異[9,12,17]。瞭解水芋植株在

不同生育階段所吸收的氮素量，可以提供肥培管理所需之重要參考資料。本試驗是以每公頃700公斤氮肥量，平均分爲七等分，分於移植前及移植後每隔一個月施用。以1995年試驗爲例（表2），在移植後第3個月， 1、5、9月種植期分別每月單株地上部累積254、987、564毫克的氮素，即每公頃各12、47、27公斤，在移植後第5個月，1、5、9月種植期分別每月單株地上部累積1982、1705、892毫克的氮素，即每公頃各94、81、42公斤，皆少於100公斤；1996年試驗結果也相同。由此明顯可知，即使在施以最適當的氮肥下，事實上僅有相當少量氮素供爲芋植冠的生長，此與De la Pena and Plucknett [8]之菲律賓旱芋氮肥試驗與Mohankumar and Sadanandan [15]之印度旱芋氮磷鉀肥料試驗所獲結論看法一致；而且芋球莖在收穫期所累積的氮素亦是相當少量，無論球莖產量多寡，每公頃累積氮素量均低於144公斤（表2中球莖最高累積氮素發生於1996年試驗1月種植期之成熟期，其單株含氮量高達3015毫克），但是球莖產量和氮素總吸收量間的關係不一定存在，因爲不同生長環境存在有高度的變異性[14]，同時Jacobs and Clarke[13]之旱芋氮肥試驗也證實多施氮肥僅能提高葉片、葉柄及根部乾物重，卻不能增加球莖乾物重。顯然，若不包括生長期枯萎葉片及其他腐敗組織所損失之氮素含量，僅就地上部及球莖所吸收氮素量而言，芋植株對氮素需求量並不高，而此處水芋所施用的氮肥施用量可能遠超過其實際需求量。一般而言，在適宜的生長環境中，芋可具有較大的葉面積，並在球莖累積多量的乾物質，而爲了維持高產，作物則需要施用大量的氮肥。然而，施用過量的氮肥雖有利於芋之地上部生長，但同時也降低了球莖所累積的同化產物分配比率。但爲抵銷湛水狀態下所流失的部份氮肥，通常水芋栽培都會施以高氮肥用量[14]。雖然氮素對芋之植株生長及產量扮演著關鍵性角色，但是究竟應該施用多少氮肥才是最適當的？氮肥與種植期之間的交感作用是否存在？有關這方面的知識及資訊至今仍不完整，而且芋葉片及葉柄氮素含量與氮肥用量間的關係，除生長期外，還受到栽培方式的影響[8,14]，即旱芋及水芋之氮肥需求也不相同[7]。在瞭解了不同種植期對水芋乾物質與氮素累積性狀之影響後，未來仍將繼續就不同種植期下氮肥用量對水芋及旱芋之效應影響、球莖快速膨大期間氮素吸收與再轉運變化的差異等課題做更深入之探討，以期能從氮素利用差異的改善來提高芋作物之生產力。

## 誌　謝

本研究承蒙行政院國家科學委員會補助經費（NSC85-2321-B055-005, NSC86-2321-B055-002, NSC87-2321-B055-003），特此誌謝。

## 引用文獻

1. 朱德民。1988。作物生產過程。國立中興大學教務處出版組印。
2 .李良。 1981。 不同期作對甘藷生長收量及品質之影響。科學發展月刊9:693-706。
3. 陳烈夫。 1996。 水芋收穫指數與乾物質生產分配之關係。中華農業研究 45：174-185。
4. 陳烈夫、呂椿棠、呂秀英。 1998。 水芋在不同栽培季節之生長分析。中華農業研究 47：220-241。
5. 黃賢喜、韓青梅。1994。III、根及莖類，第20章。1667-1714頁，雜糧作物各論（蔡文福主編）。台灣省雜糧發展基金會。台北。
6. 戴順發、韓青梅。1991。水芋氮鉀肥施用效應。 興農 267：40-42。
7. 魏夢麗、呂秀英。 1997。 芋的氮肥需求。 農業試驗所技術服務 31:20-22。
8. Cla Pena, R. S., and D. L. Plucknett. 1972. Effect of nitrogen fertilization on the growth, composition, and yield of upland and lowland taro *(Colocasia esculenta )*. Expl. Agric. 8:187-194.
9. Doll, E. C., D. R. Christenson, and A. R. Wolcott. 1971. Potato yields as related to nitrate levels in petioles and soils. Amer. Potato J. 48:105-112.
10. Dow, A. I., and S. Roberts. 1982. Proposal: Critical nutrient ranges for crop diagnosis. Agron. J. 74:401-403.
11. uncan, W. G., D. E. McCloud, R. L. McGraw, and K. J. Boote. 1978. Physiological aspects of peanut yield improvement.

Crop Sci. 18:1015-1020.

12. Gardner, B. R., and J. P. Jones. 1975. Petiole analysis and nitrogen fertilization of Russet Burbank potatoes. Amer. Potato J. 52:195-200.

13. Jacobs, B. C., and J. Clarke. 1993. Accumulation and partitioning of dry matter and nitrogen in traditional and improved cultivars of taro (*Colocasia esculenta* (L.) Schott) under varying nitrogen supply. Field Crops Res. 31:317-328.

14. Manrique, L. A. 1994. Nitrogen requirements of taro. J. Plant Nutrition 17:1429-1441.

15. Mohankumar, C. R., and N. Sadanandan. 1990. Nutrient uptake pattern in taro as influenced by varying levels of NPK fertilization. J. Root Crops 16:92-97.

16. Mohankumar, C. R., and N. Sadanandan. 1991. Changes in the NPK status of the soil as affected by continuous cropping and levels of NPK application on taro in Ultisol. J. Root Crops 17:73-74.

17. Walworth, J. L., and J. E. Muniz. 1993. A compendium of tissue nutrient concentrations for field-grown potatoes. Amer. Potato J. 70:579-597.

# Effect of Planting Seasons on Accumulation of Dry Matter and Nitrogen in Wetland Taro [*Colocasia esculenta* (L.) Schott][1]

Lit-Fu Chan[2], Chun-Tang Lu[3], Meng-Li Wei[3] and Hsiu-Ying Lu[3]

## Summary

The purpose of this study was to investigate the effect of planting seasons on the pattern of dry matter and N accumulation for wetland taro. Field experiments were conducted in the January, May and September crops of 1995-1996. The amount and rate of dry matter and N accumulated were measured in different plant fractions during the whole growth periods. The accumulation of dry matter and N were strongly modified by planting seasons and plant age. Dry matter and N accumulated in the top (leaf and petiole) at the vigorous top-growth stage during the 3-5 months after planting was the determinant of biomass production of wetland taro. As a result of higher temperature and solar radiation at the vigorous top-growth stage, dry matter and N were substantially accumulated more rapid in the January crop. This resulted in greater source efficiency and rapid corm bulking, in favor of the yield at the maturity stage. When planting taro in September, low temperature and low solar radiation at the vigorous top-growth stage decreased the rate and amount of dry matter and N accumulation, moreover, dry matter and N accumulated in the top still increased at the corm rapid-bulking stage. This resulted in poor yield at the maturity stage. The May and January crops had similar pattern in the accumulation of dry matter and N, but the accumulation rate in May crop was slower than that in January crop. The relative ratio of accumulation rates between N and dry matter in the top at the vigorous top-growth stage remained the same among the different planting seasons. Planting seasons and plant age showed no significant effect on the partition ratio of dry matter and N accumulated by different above-ground organs. The results showed that about 1/3 of the plant dry matter in the top was distributed to leaves, and 2/3 to the petioles. For the total N content in the top, about 6/10 was accumulated in the leaf, and 4/10 in the petiole.

**Key words:** Taro, Planting seasons, Dry matter accumulation, Nitrogen accumulation, Vigorous top-growth stage.

---

1. Contribution No.1990 from Taiwan Agricultural Research Institute, Council of Agriculture.
2. Research Assistant, Office of Farm Management, TARI, Wufeng, Taichung, Taiwan, ROC.
3. Respectively, Assistant Agronomist, Assistant Agronomist and Senior Statistician, Department of Agronomy, TARI,Wufeng,Taichung, Taiwan, ROC.